

平成8年度

修士論文

3次元構造知覚における
事前知覚と注意の影響

電気通信大学大学院 情報システム学研究科

情報ネットワーク学専攻

9551023 住直

指導教官

阪口 豊

出澤 正徳

福田 豊

平成8年2月4日提出

目次

1	はじめに	6
1.1	背景	7
1.2	概要	8
1.3	本論文の構成	8
2	3次元多義図形の構造知覚	10
2.1	2次元多義図形	11
2.2	両眼視による奥行き知覚	13
2.3	3次元多義図形	14
2.4	両眼立体視	17
2.4.1	時分割方式	17
2.4.2	裸眼による両眼立体視	20
3	注意による3次元多義図形の構造知覚の安定化	22
3.1	注意による知覚の影響	23
3.2	illusory line motion	23
3.2.1	視覚刺激の提示方法	25
3.2.2	注意点による直線の知覚	26
3.3	注意点の提示による構造知覚の影響	27

3.3.1	視覚刺激	27
3.3.2	視覚刺激の提示方法	29
3.3.3	実験結果	30
3.4	注意点の位置の変化による構造知覚の影響	33
3.4.1	視覚刺激と提示方法	33
3.4.2	実験結果	33
3.5	注意点の奥行きの変化による構造知覚の影響	34
3.5.1	視覚刺激と提示方法	34
3.5.2	面伝播に対する注意点の奥行きの影響	34
3.6	3次元多義図形の形状を変化させた場合	35
3.7	3次元多義図形の構造知覚に対する注意の影響	37
4	事前知覚による3次元多義図形の構造知覚の安定化	38
4.1	事前知覚による構造知覚の影響	39
4.1.1	事前提示面	39
4.1.2	提示方法	41
4.1.3	実験結果	41
5	注意と事前知覚による3次元多義図形の構造知覚の安定化	44
5.1	3次元錯視面	45
5.2	3次元錯視面による構造知覚の影響	46
5.2.1	視覚刺激と提示方法	46
5.2.2	実験結果	48
5.3	3次元錯視面の形状と3次元多義図形の構造知覚	51
5.3.1	視覚刺激と提示方法	51

	3
5.3.2 実験結果	51
5.4 3次元多義図形の構造知覚に対する3次元錯視面の影響	53
6 構造知覚メカニズムの考察	54
6.1 注意と3次元多義図形	55
6.2 事前知覚と3次元多義図形	56
6.3 3次元錯視面と3次元多義図形	56
7 おわりに	58
謝辞	60
参考文献	62

目 次

2.1	Necker の立方体	12
2.2	Necker の立方体の構造知覚	12
2.3	3次元多義図形	15
2.4	3次元多義図形の構造知覚 (A は手前, B は奥に提示される.)	16
2.5	空間座標系の概念図	19
2.6	平行法による両眼融合	21
2.7	交差法による両眼融合	21
3.1	illusory line motion	24
3.2	視覚刺激の提示方法	25
3.3	illusory line motion の実験結果	27
3.4	実験に用いた3次元多義図形 (Z 座標は手前が正)	28
3.5	視覚刺激の提示方法	30
3.6	注意点と3次元多義図形の構造知覚1	32
3.7	注意点と3次元多義図形の構造知覚2	32
3.8	注意点の位置と3次元構造の構造知覚	36
3.9	注意点の奥行きと3次元構造の構造知覚	36
4.1	事前提示面	40

4.2	視覚刺激の提示方法	41
4.3	事前提示面と3次元多義図形の構造知覚1	43
4.4	事前提示面と3次元多義図形の構造知覚2	43
5.1	3次元錯視面	45
5.2	事前提示3次元錯視面	47
5.3	刺激の提示方法	48
5.4	事前提示3次元錯視面と3次元多義図形の構造知覚1	50
5.5	事前提示3次元錯視面と3次元多義図形の構造知覚2	50
5.6	事前提示3次元錯視面	52
5.7	事前提示3次元錯視面と3次元多義図形の構造知覚	53

第 1 章

はじめに

1.1 背景

人間は、外界から情報を感覚器を通して獲得し、それを統合処理して脳内に知覚像を作り上げ、外界の様子を認識している [1, 2]. その中でも、視覚は外界から得る情報の70%以上という非常に大きな部分を占めている重要な感覚である。

近年、社会の情報化が急速な勢いで進み、情報を人間に伝達するためのヒューマンインターフェースが重要なものであるとの認識が高まっている。また、その延長線上として、コンピュータ等により実際には存在しない空間を仮想環境として、あたかも現実に存在しているかのように表現する技術として「ヴァーチャルリアリティー」が注目されている。この技術では、人間の5感を通じて情報を提供することで、人間に仮想環境をイメージさせているが、ここでも、空間的臨場感を与える上で、視覚、特に両眼視が重要な役割を果たしている。

視覚機能に関しては、古来より生理学をはじめとする様々な分野で研究が行われているが、未だ解明されていないことが数多く残っており、それは両眼視による3次元空間の認識処理メカニズムも同様である。しかし、最近ではコンピュータグラフィックスを用いることにより、視覚刺激を作成、操作することが従来より容易となり、より適した視覚刺激を用いることによって、視覚の情報処理メカニズムを探ることが出来るようになった。

コンピュータグラフィックスを用いた3次元構造知覚の研究においては、網膜像だけでは一意に決まらない構造が、視覚メカニズムによっていずれかに決定されること、また、それが注意の影響を受けることが報告されている [3, 4, 5]. 本研究は、そのような多義的な刺激を用い、両眼立体視における3次元構造知覚メカニズムを解明しようとするものである。

1.2 概要

観察状態により複数の構造が知覚されうる多義的な視覚刺激を観察した場合、その刺激に先行して別の点を提示することで、その構造が一意的に決まるという現象は確認されている [3, 4, 5]。この現象の一つの解釈として、先行刺激が注意を引き付けるためではないかという説が提案されている。この説では先行刺激を「注意点」と呼んでいる。本研究では事前に提示した刺激の構造がどのような影響をもつか、その時間特性はどうか、を調べるために、注意の向けられる位置、事前に提示する刺激などを変化させ、それが多義図形の構造知覚にもたらす影響を調べた。その結果、注意の構造知覚への影響は約 300 ミリ秒程度続くことを示唆する実験結果がえられた。また、事前に知覚された構造が引き続いて提示される構造の知覚に影響を及ぼし、それは、1000 ミリ秒以上維持されることが明らかになった。また、注意を引き付ける点の作用と事前知覚の作用を相反するように配置した場合には、前者の影響が約 100 ミリ秒程度生じ、その後、後者の影響が起こることがわかった。これらの結果は、それぞれが構造知覚において異なるプロセスであることを示唆するものである。

1.3 本論文の構成

第2章では、本研究において用いた視覚刺激である3次元多義図形について説明し、また、奥行き知覚、両眼立体視の方法について述べる。第3章では、注意が構造知覚に及ぼす影響に関して、注意を引くための光点の提示位置を変化させた実験について述べる。第4章では、事前に知覚された構造の、引き続いて提示される構造の知覚への影響を調べた実験について論じる。第5章では、第3章、第4章の影響を合わせ持つ3次元錯視面を先行刺激として用い、注意および事前知覚の影響を

覚の影響を実験的に調べ、検証を行う。第6章では、第3章、第4章、第5章で得られた結果をもとに、構造知覚を決定する要素として注意、事前知覚がどのような特性をもっているか、検討し、考察する。

なお、本論文の研究においては、グラフィックワークステーション IRIS 上で、その3次元グラフィックスライブラリ IRIS GL を用いた。

第 2 章

3 次元多義図形の構造知覚

人間は3次元構造を知覚する際、両眼視差、重なり、陰影、運動視差等の様々な視覚刺激を利用している。しかし、視覚システムは、これらの条件が全て揃わなくても、一部の情報から対象物の3次元構造を知覚することができる。そのため、不十分な視覚情報しか得られなかった場合には、誤った構造を知覚したり、不自然な構造を知覚する場合がある。ここでは、そのような例として、複数の構造が知覚されうる図形を紹介する。

2.1 2次元多義図形

平面上に表現された図形を、3次元構造として知覚した場合に、観察状態によって複数に知覚されうる図形が発見されている。その図形の代表例を図 2.1に示す。これは Necker の立方体 [6] と呼ばれるもので、遠近反転図形の代表として広く知られている。

この図形を観察した場合には図 2.2の a または b のような構造が知覚される。Necker の立方体が、このような複数の構造に知覚されるのは、単眼視による奥行き知覚が本質的に曖昧であるからである [8]。正確な知覚が成立するためには多くの外的拘束条件が満たされる必要があるが、単眼による知覚の多くは外的拘束条件の蓋然性に依存しているため、ときとして誤った知覚像を生じることになる。つまり、Necker の立方体が複数の構造に知覚されるのは、目の調節作用や、きめの勾配、陰影、重なりといった単眼視による奥行き知覚の要因が不足しているからである。

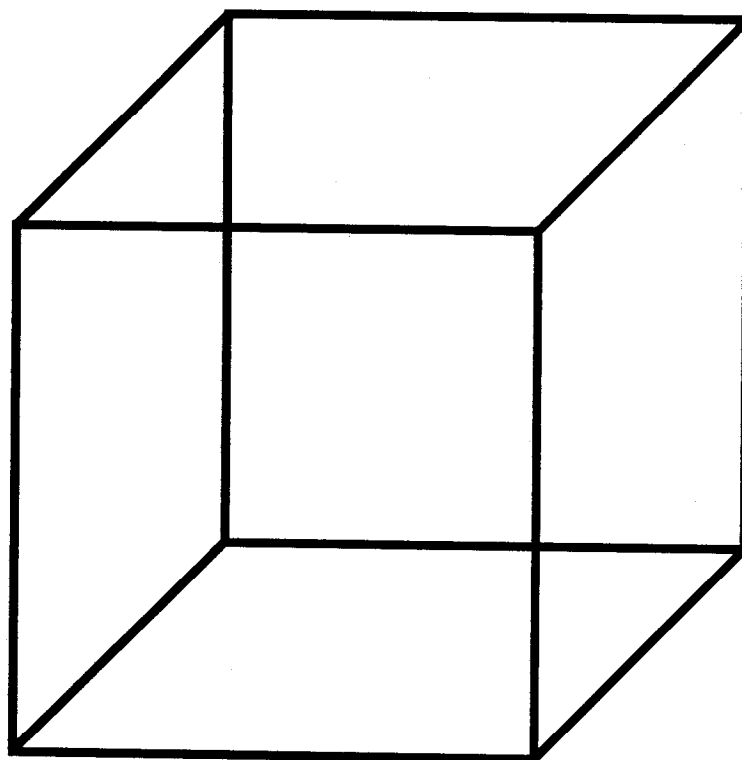
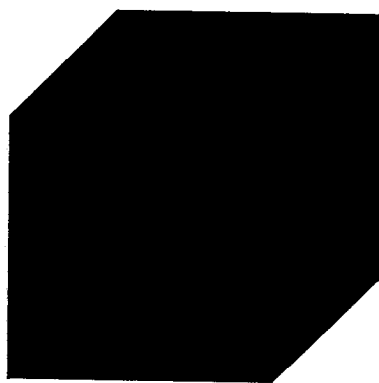


図 2.1: Necker の立方体



a



b

図 2.2: Necker の立方体の構造知覚

2.2 両眼視による奥行き知覚

視覚システムが奥行き知覚をするには、両眼視は非常に重要な役割を果たす。人間は水平方向に約 6cm 離れた位置に2つの目を持っている。これによって、単眼では1つの視点でしか観測できない外界の様子を、2つの異なった視点から観察することができる。2つの視点から観測される外界は互いに少し異なる像となり、その違いから、単眼ではわからなかった奥行き方向の情報が得られるのである。

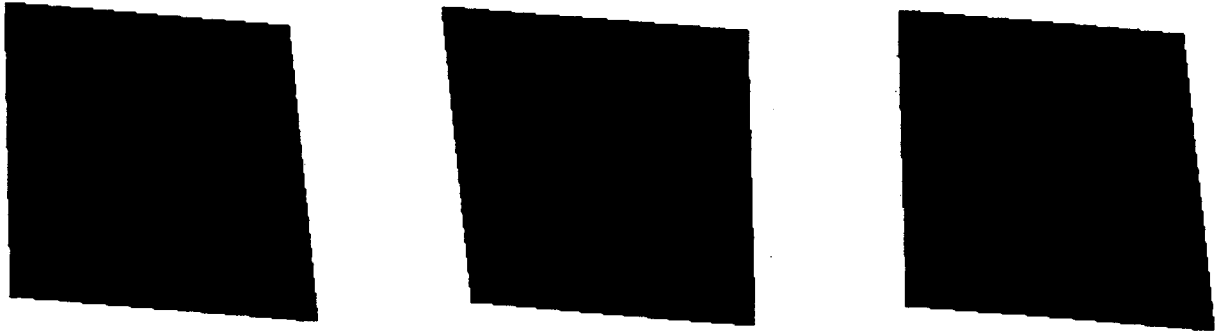
両眼視による奥行き知覚の手がかりとしては、輻輳と両眼視差がある。輻輳は、物を見るときに両眼が互いに内側を向き、視線が対象物上の注視点で交差することであり、対象物を中心にしたとき、両眼の視線が交差する角度を輻輳角という。近くの物を見ると輻輳角は大きくなり、対象物が遠くなると小さくなる。この輻輳角から、対象物までの距離が得られる。しかし、遠距離になると輻輳角は小さくなり、その距離変化に対する変化分が微小となるため距離知覚効果は激減する。

両眼視差は左右の網膜上に投影される像に違いがあるために起こるもので、両眼が同一の対象物を見ていても左右の網膜上に投影される像は、両眼間に距離があるため、全く同一の像とはならない。一般的には網膜上のずれた像は2重像として知覚されることになるが、ずれの量が Panum の融合域 [9] 以内の場合には、この両眼の像が融合されて1つの対象物として知覚され、このとき明確な奥行き感が得られる。この知覚は極めて精密であり数秒までの精度を持っているため、立方体知覚において非常に大きな役割を果たしていると考えられている。

2.3 3次元多義図形

視覚システムが3次元空間上に存在する物体の構造を知覚するには、両眼視により対象物の視覚情報を入手し、それらの情報から形作られる構造を、その物体の3次元構造であると知覚する。また、仮に、そのような処理の中で、3次元構造として知覚するには不十分な情報しか得られなかったとしても、得られた視覚刺激をもとに、脳内で対象物の構造として認識できるものを作り上げているようである。

しかし、不十分な情報から作り上げた知覚構造は不安定なものであり、観察状態によっていくつかの構造に知覚される場合がある。そのような例を図 2.3に示す。これは、図 2.4のような構造を持つ図形である。この図形は、面の境界には両眼視差により奥行き情報が与えられているため、頂点や境界の位置は確定されている。しかし、境界の内側は塗りつぶされているだけであるため、両眼視差、テクスチャー等の奥行きを与える視覚情報は一切存在しない。つまり、境界内部の奥行きはわからない。しかし、これを実際に観察してみると、図 2.4に示すように、対角線上にある頂点を結ぶ線で、奥または手前のいずれか一方に折れ曲がっている面が知覚される。本研究では、この3次元多義図形の構造知覚がどのような刺激によって、安定化されるかを調べることによって、人間の3次元構造知覚メカニズムの解明を試みる。

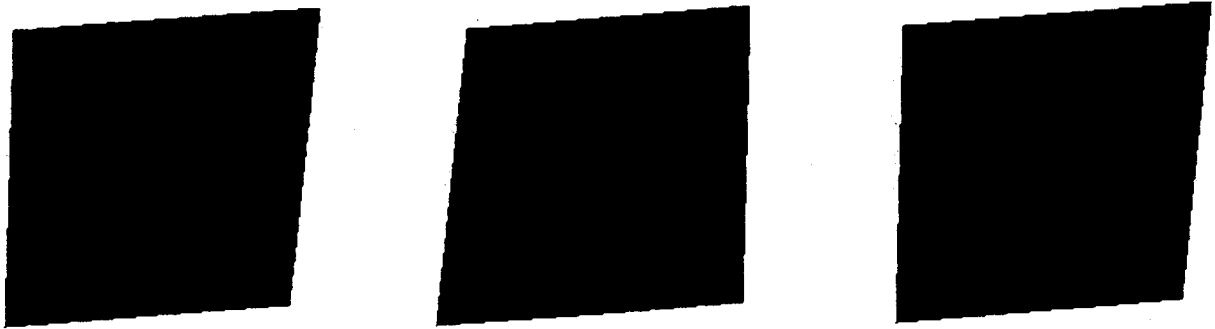


L

R

L

a



L

R

L

b

図 2.3: 3次元多義図形のステレオグラム (Lは左目画像, Rは右目画像)

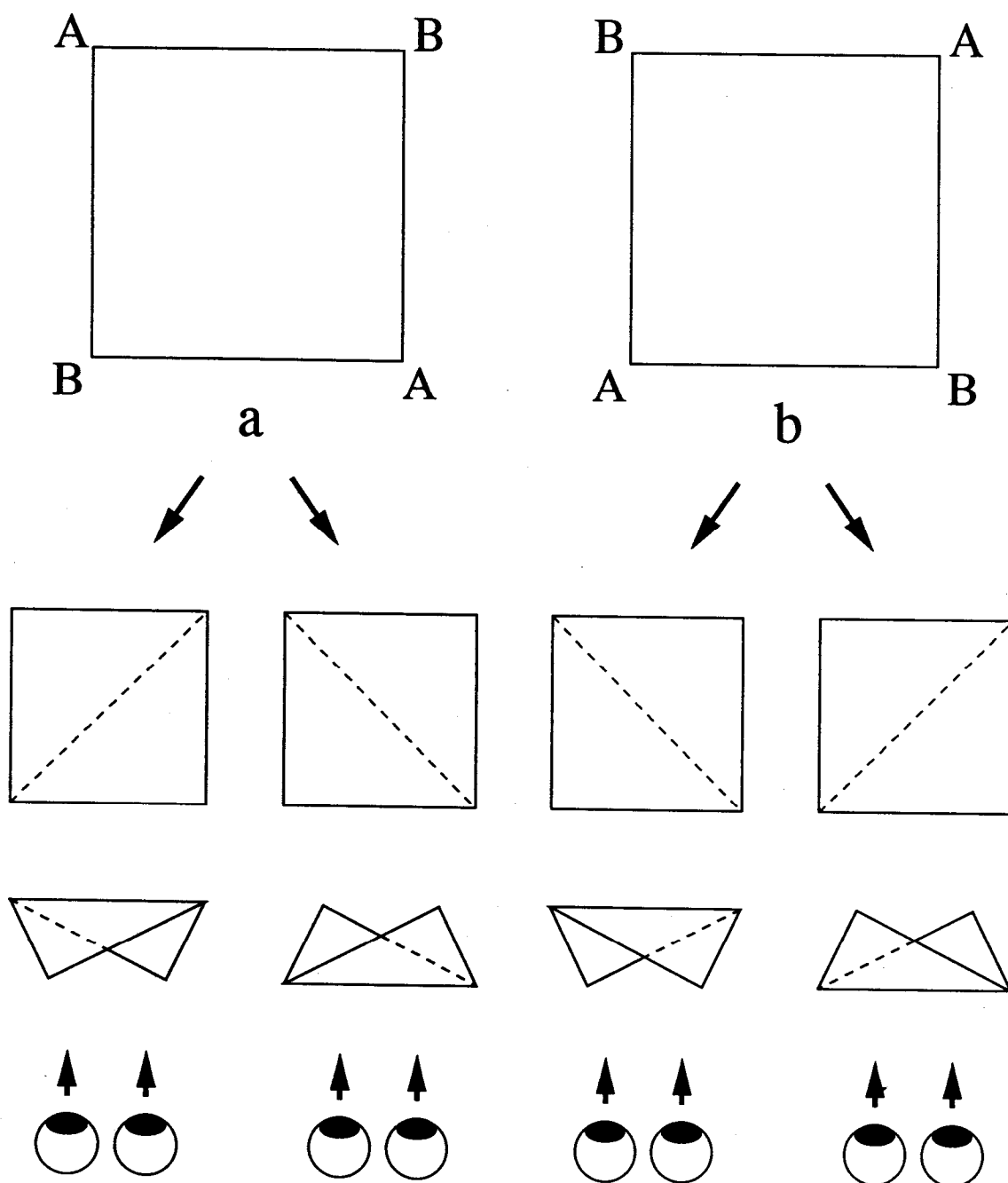


図 2.4: 3次元多義図形の構造知覚 (A は手前, B は奥に提示される.)

2.4 両眼立体視

視覚研究において両眼視の状況を人為的に作り出すことが必要な場合は多い。しかし、両眼視の状況を完全に再現するには全く同じ光線条件をそれぞれの目に与えなければならないため、これは事実上不可能である。そのため、いくつかの条件を緩和して再現を試みる事となる。再現の方法によって現実の視覚体験との違いは様々であるが、本研究では現実にはありえない視覚体験を作り出す上での自由度、容易さという観点から、液晶シャッターを利用した時分割方式をとることとした。

2.4.1 時分割方式

CRTはテレビジョン受像器やコンピュータ・ディスプレイとして広く利用されている。像を表示するプロセスが電氣的であり、コンピュータによって画像を計算して表示することが可能であるため、視覚体験を再現する上で自由度が高い。本質的にCRTは常に新しい像を表示しているため、様々な変化のある視覚体験を再現したいときには有効である。また、コンピュータグラフィックスを用いて、対話的に像の状態を変化させることも可能である。

CRTは一定周期で画面上の像を再描画している。その際、右目用画像と左目用画像をそれぞれ作成し、交互に右眼像と左眼像を表示し、それと同期して左目と右目のまえに置いたシャッターを開閉すれば、両眼に別々の像を提示できる。シャッターは機械的にも実現できるが、本研究においては液晶を利用したものを使用した。

コンピュータグラフィックスで両眼立体視をする場合には、表現しようとする対象の座標系から、右目用、左目用の画像に変換するために、それぞれ計算して決定しなければならない。そのための座標系を図 2.5に、計算式を下に示す。この式では、 F_s は使用する表示装置の分解能、 F は眼球から画面までの距離、 d は両目

の距離とし、今回は F_s を $100.0/5.12$ dot/cm, F を 60 cm, d を 60 mm とした。また、今回の実験での提示図形は、21 インチディスプレイ、解像度 1280×512 にグラフィックワークステーションを用いて、コンピュータグラフィックスで描いた。提示刺激は残像がもっとも短い赤色で描画した。

右目用画像

$$X_{dr} = F_s \left[\frac{F(X - X_{er})}{Z - Z_{er}} + X_{er} \right] + X_{d0}$$

$$Y_{dr} = F_s \left[\frac{F(Y - Y_{er})}{Z - Z_{er}} + Y_{er} \right] + Y_{d0}$$

左目用画像

$$X_{dl} = F_s \left[\frac{F(X - X_{el})}{Z - Z_{el}} + X_{el} \right] + X_{d0}$$

$$Y_{dl} = F_s \left[\frac{F(Y - Y_{el})}{Z - Z_{el}} + Y_{el} \right] + Y_{d0}$$

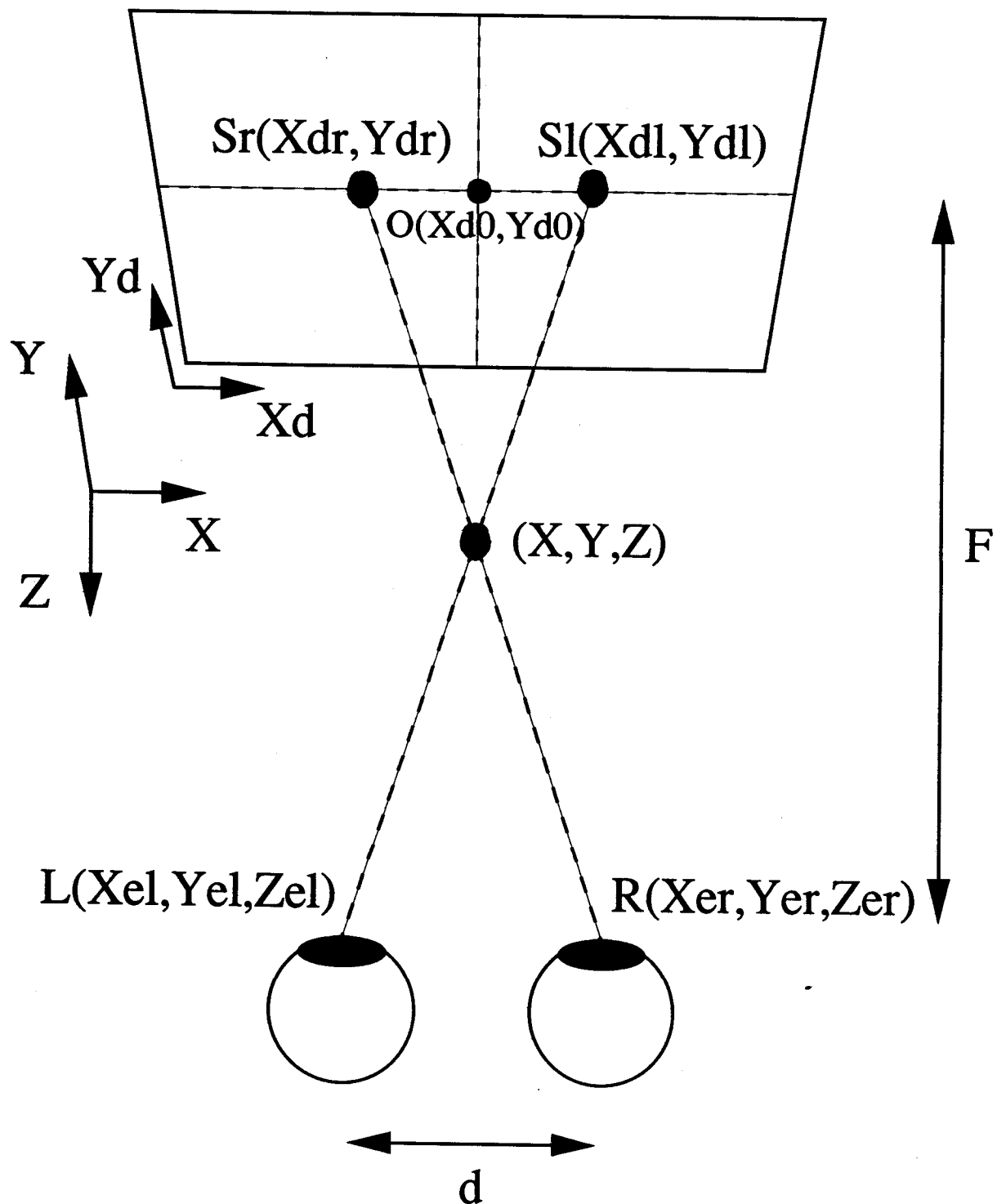


図 2.5: 空間座標系の概念図

2.4.2 裸眼による両眼立体視

裸眼によっても不自然な状況であるが観察者が意図的に輻輳と調節の関係を变えることによって、別々に提示された2つの画像を融合して立体視することができる。その方法を図 2.6, 図 2.7に示す [10].

図 2.6に示したように、左右画像が平面上に並べて配置されている状態で輻輳を小さくして視線を平面よりも奥で交差させて観察することを平行法と言う。そのときには、画像のある平面よりも手前の空間に立体像が知覚される。通常、視線は負の輻輳を持つようにすることが不可能であるため、両眼間隔よりもそれぞれの画像を離すことはできない。そのため、小さな像しか提示できない。しかし、両眼の視線の間に紙などを置いてそれぞれの目に1つずつの像しか見えないようにすることができるので比較的容易に立体視が可能である。

図 2.7に示したように、左右画像が平面上に逆に配置されている状態で手前の空間上で視線を交差させ、目の調節に対して自然な状態よりも大きな輻輳で観察することを交差法と言う。そのときには、画像のある平面よりも手前の空間に立体像が知覚される。左右の画像が同時に見える状態で意図的に調節と輻輳の関係を变えなければならないため、困難な場合も多い。しかし、平面上で比較的大きな像も立体視が可能であるため、利用される機会は多い。

今後、ステレオグラムはどちらの方法でも立体視が可能ないように、左目画像、右目画像、左目画像、の順に提示する。

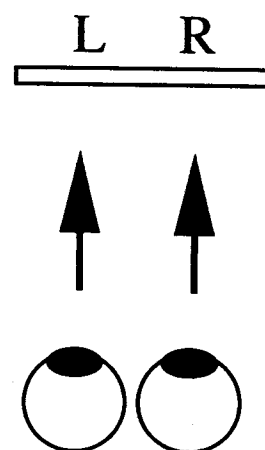
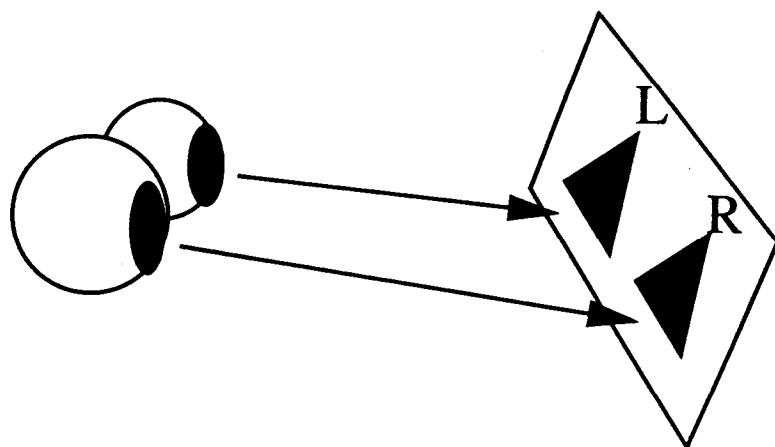


図 2.6: 平行法による両眼融合

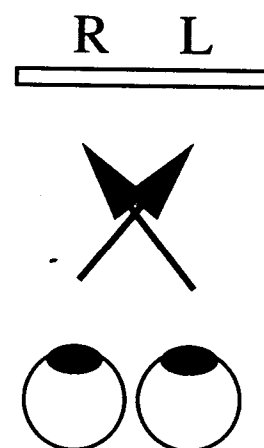
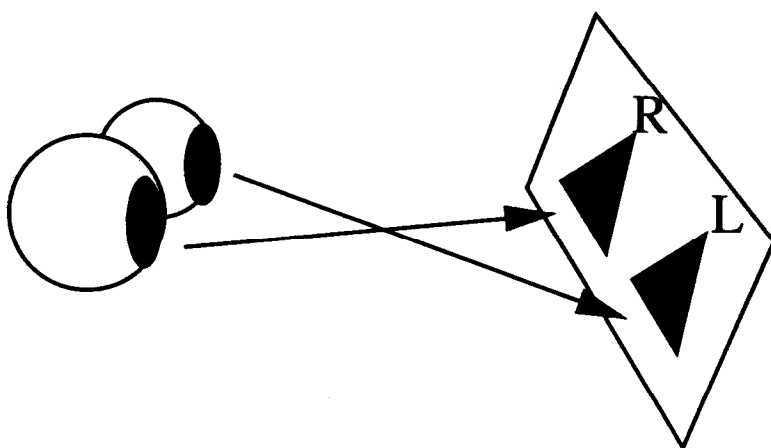


図 2.7: 交差法による両眼融合

第 3 章

注意による 3 次元多義図形の構造知覚 の安定化

3.1 注意による知覚の影響

知覚・認知心理学でいう注意とは、何らかの手がかりや意図的な努力などによる、局所的で一次的な感覚情報処理の選択と促進をさす。またその裏の意味で、選択されなかった情報の排除や抑制を含む場合もある [11]。

対象物の構造を知覚する場合には、どこをみているかとともにどこに注意を向けているかが重要な要素となる。特に多義的な図形の構造を知覚する場合には、注意の位置が重要な役割を果たすと考えられる。ここでは、いくつかの実験から、注意の構造知覚への影響について検討する。

3.2 illusory line motion

図 3.1 に示したように、画面中央の注視点を被験者が注視している時に、注視点の左右どちらかに、先行刺激として光点を提示し、その後、光点を端点とする直線を提示する。すると、実際には直線は瞬時に全体が提示されたにもかかわらず、光点の提示された側から反対側に、徐々に描かれたように知覚される。つまり、直線は提示されたのみで、動いてはいないにもかかわらず、運動として知覚されるのである。この現象は、illusory line motion と呼ばれる錯視として知られている [12]。この錯視は注意と密接に関連しており、視覚的な注意の空間的な分布を反映した現象であるとする考え方がある [11]。本研究でもこの様な影響を及ぼす感覚情報処理の促進を注意と定義する。ここでは、illusory line motion を使って、空間的な視覚情報処理の促進という面に焦点をあてて、注意の時間的特性をみる。

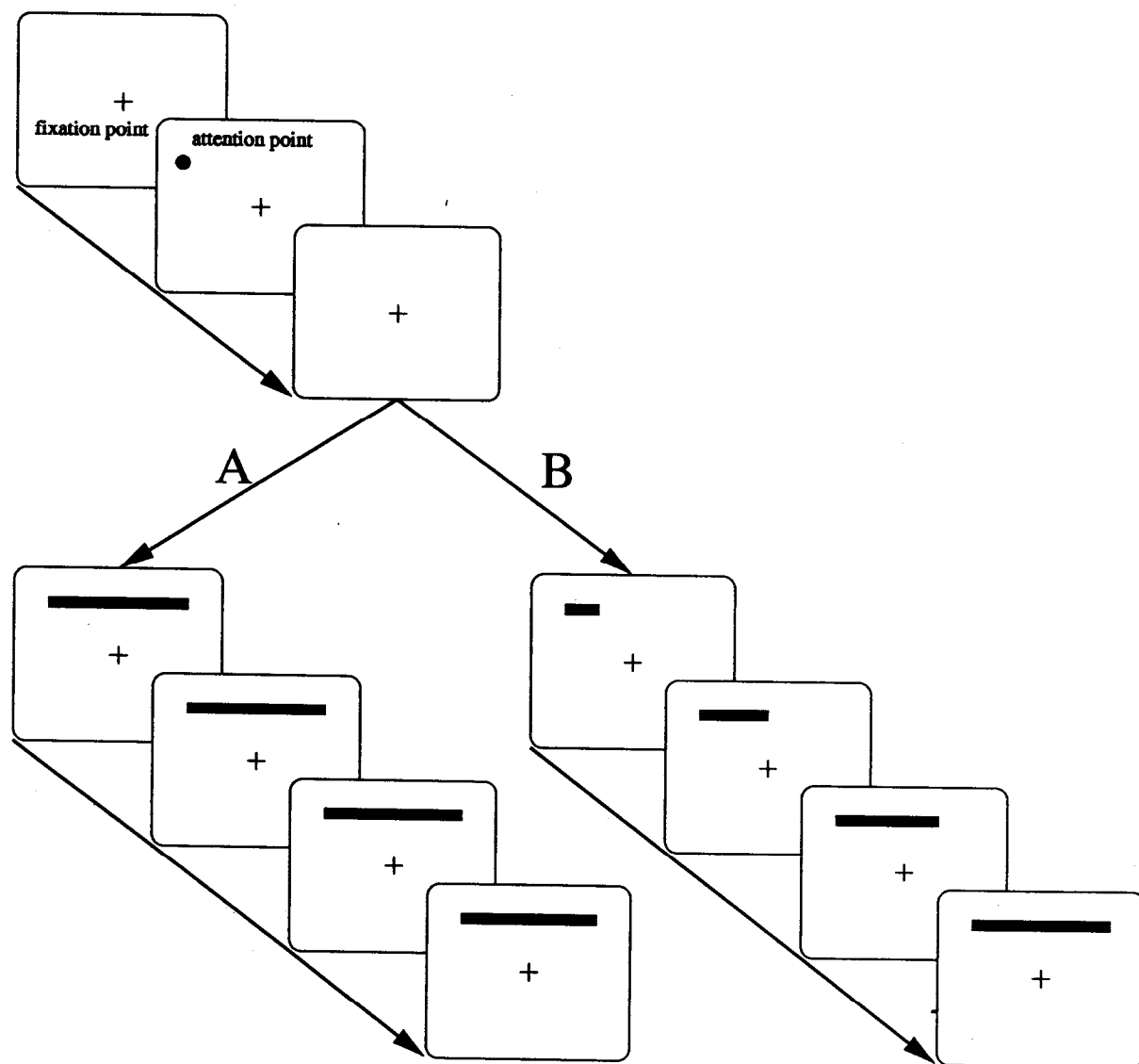


図 3.1: illusory line motion
(A は実際の刺激, B は被験者の知覚)

3.2.1 視覚刺激の提示方法

刺激の提示方法を図 3.2に示す。視覚刺激は後の実験との関係上、注視点を設けず、注意点は画面の中央から CRT 画面の各頂点に向かって約 30 mm 離れた位置 4箇所のうち1つに、直線は注意点の提示された位置から画面中央の点対称になる位置に提示する。先行刺激が出る位置はすべて同確率である。提示はまず、光点を 100 ミリ秒提示し、次に乱数で定めた 0~1000 ミリ秒の空白をおいて、直線を 300 ミリ秒提示する。被験者には直線が交点から描かれたように知覚された場合と、それ以外の場合との2つのボタンを押すことで、答えてもらった。試行回数は 1000 回である。なお、今後、指定のない実験では、試行回数はすべて、1000 回とした。

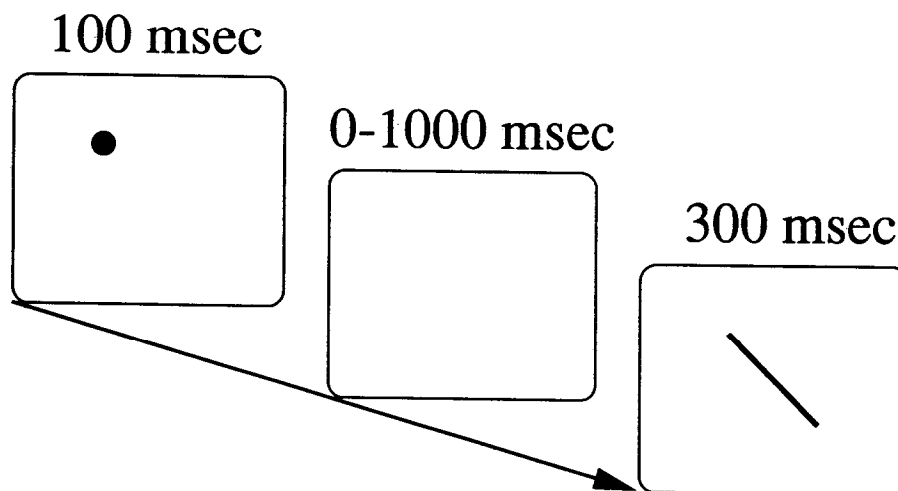


図 3.2: 視覚刺激の提示方法

3.2.2 注意点による直線の知覚

実験結果を図 3.3 に示す。縦軸は直線が先行刺激の側から描かれたように見えた割合であり、横軸は刺激先行時間である。横軸に関しては今後のすべての実験でも同様である。被験者の知覚では先行刺激が提示されてから、直線が提示されるまでの時間が短いほど、先行刺激から直線が描かれていくという知覚が得られた。この実験結果のグラフでも同様の傾向がみられる。刺激先行時間が 0~300 ミリ秒である場合には、明らかに illusory line motion がみられ、300 ミリ秒以降は次第にその傾向は減少している。つまり、この実験で先行刺激として使用した光点の影響は提示消滅後、約 300 ミリ秒間続くと考えられる。よって、この光点はその間、注意による局所的な情報処理の促進をおこすことができると言える。

またこの結果では、300 ミリ秒後は急激にその影響が減少する。これは一般に注意の消失 (disengagement) [12] とよばれるもので、光点が出現した場合には注意が長く引き付けられるが、消失した場合には短時間で消えてしまうという現象である。

以上の結果から、この実験で用いた光点は、提示後、約 300 ミリ秒後まで注意を引き付けることができ、その後、急速にその影響が消失することがわかる。以後、この光点のことを注意点と呼ぶ。なお、この結果は [12] によって示された光点が消えた場合の illusory line motion の結果とほぼ同じ結果であり、直線が水平に提示されない場合でも、illusory line motion が起こることがわかる。

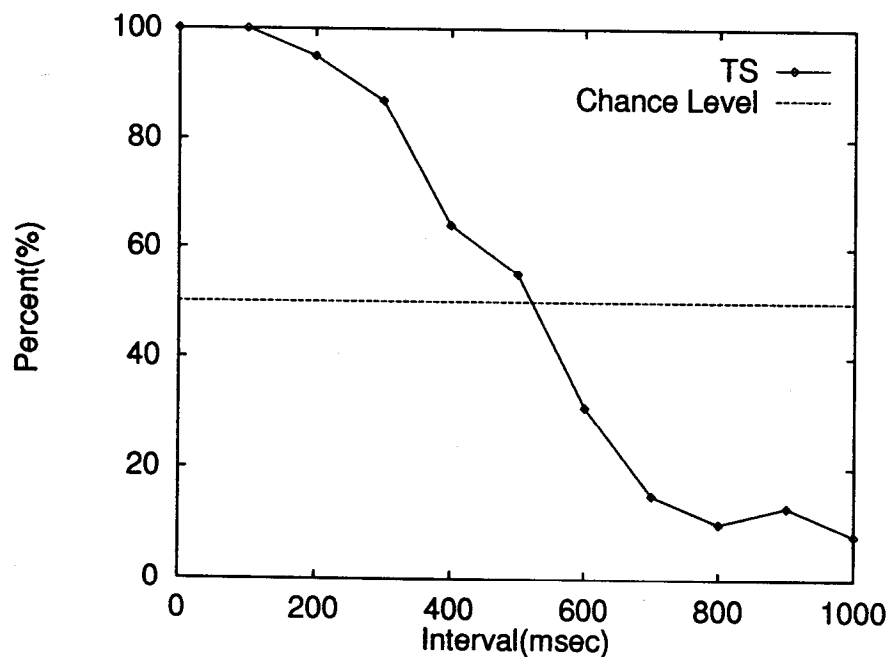


図 3.3: illusory line motion の実験結果

3.3 注意点の提示による構造知覚の影響

中嶋ら [4] は、注意点を提示した後、ひき続いて、3次元多義図形を提示すると、知覚される構造が一意に決まることを示した。ここでは、この現象の時間的特性について、さらに詳しく検討する。

3.3.1 視覚刺激

立体視に用いた3次元多義図形を図 3.4に示す。奥行きは図形の形状が正方形に近く、また、境界の奥行きが判別できる程度に設定した。図形の大きさは65mm程度となっている。2つの刺激は同じ確率で現れるものとする。また、提示時間は300ミリ秒とした。これは、提示時間が短すぎると被験者が奥行き構造を知覚する

前に消えてしまい、提示時間が長すぎると、被験者が構造を分析的方法によって知覚してしまうため、事前刺激の影響が現れなくなるおそれがある、という理由からである

注意点はひき続いて提示される3次元多義図形の頂点と同じ座標に提示し、奥行きも同じとしてある。提示は4つの注意点のうち、画面中央を中心に点対称の位置にある2点を同時に提示した。4組の注意点の出る確率は、すべて同じとした。

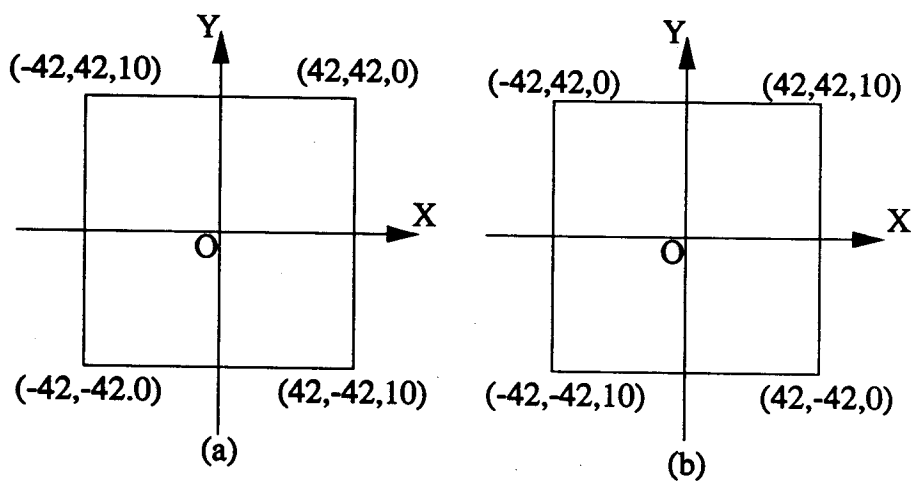


図 3.4: 実験に用いた3次元多義図形 (Z座標は手前が正)

3.3.2 視覚刺激の提示方法

視覚刺激の提示方法を図 3.5 に示す。提示は、まず、注意点を 100 ミリ秒提示し、その後、乱数で定めた 0~1000 ミリ秒の空白を置いて、3次元多義図形を 300 ミリ秒提示し、被験者に 3次元多義図形の構造をどのように知覚したかをマウスのボタンをクリックすることにより答えてもらう。なお、この間、被験者は画面中央付近を見るように教示した。通常、このような心理学的実験は注視点を設定して行われる。しかし、本研究に置ける実験では、あえて、注視点を設定しなかった。これには 3つの理由がある。まず 1つの理由は、注視点を設定した場合には、注視点のよって両眼融合の範囲が固定されてしまうため、その範囲から外れた対象物の形状が正確に認識できなくなる。その結果、3次元多義図形全体が認識できなくなる恐れがあるからである。もう 1つの理由は、注視点の奥行きが構造知覚のための手がかりとなってしまう可能性があるからである。3次元多義図形を提示する場合には、先にも述べたように輪郭部分のみに視覚刺激がある状態にしなければならない。しかし、注視点は 3次元多義図形の中心に設定しなければ、刺激全体を知覚することはできないため、境界内部に表示することになるが、その結果、境界内部のテクスチャーのような知覚を与えてしまうことになる。最後の理由は、注視点が注意点になりうるということである。3次元多義図形の構造知覚のように注意の位置が重要な場合には、注意点以外の刺激に注意を注ぐことは、実験結果に少なからず影響が出ると考えられる。以上の理由により、本研究では実験における注視点は提示しなかった。

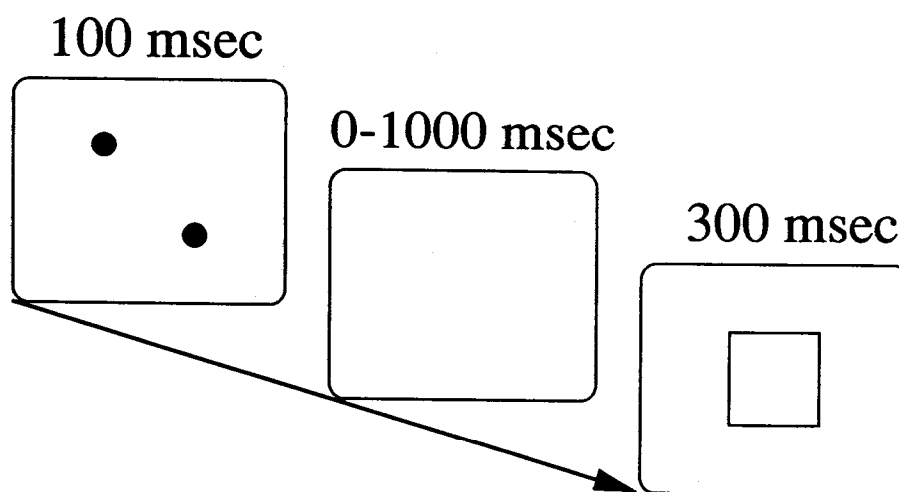


図 3.5: 視覚刺激の提示方法

3.3.3 実験結果

実験の結果を図 3.6, 図 3.7 に示す。図 3.7 では、試行回数 200 回である。グラフの縦軸は注意点を結ぶ線に交差するような 3 次元多義図形の稜線が知覚された割合である。

被験者の報告によると、刺激先行時間が短いときには、注意点が提示された付近から面が形成されるようであったという。グラフからもその傾向がみられる。0～200 ミリ秒では、注意点を結ぶ線に交差する稜線が知覚される傾向が強いが、その後は次第にその傾向がよわくなっている。これは、前節の illusory line motion と同様の傾向を示すものであり、知覚の様子からも同様のプロセスが働いていると考えられる。よって、この現象は、次のように解釈することができる。

注意点が提示されることにより、その点を中心に、局所的な情報処理の促進が起こる。そのため、注意点近傍から面が形成されはじめ、次第に注意点から遠い位置、つまり、3 次元多義図形内部に面が伝播していく。そのため、注意点から 3 次元多

義図形の境界に沿って面が形成され、その面が互いに衝突した位置に稜線が形作られ、3次元多義図形の構造として知覚された。

なお、この実験においては、個人差が大きく、知覚される構造は被験者によって一方に偏る場合があった。しかし、傾向が偏る場合には、ほとんど、手前、または奥のいずれか一方であるため、グラフには50%に線をひき、それに対するグラフの形状から注意点の効果を計測した。個人差は、個人の経験、知識によるものと思われるが、一般に形状をみる際には、距離の近い部分や大きな部分を意識的にみる場合が多いようである。いずれにせよ、この問題は本研究での本質とは離れるものであるので、これ以上議論しない。

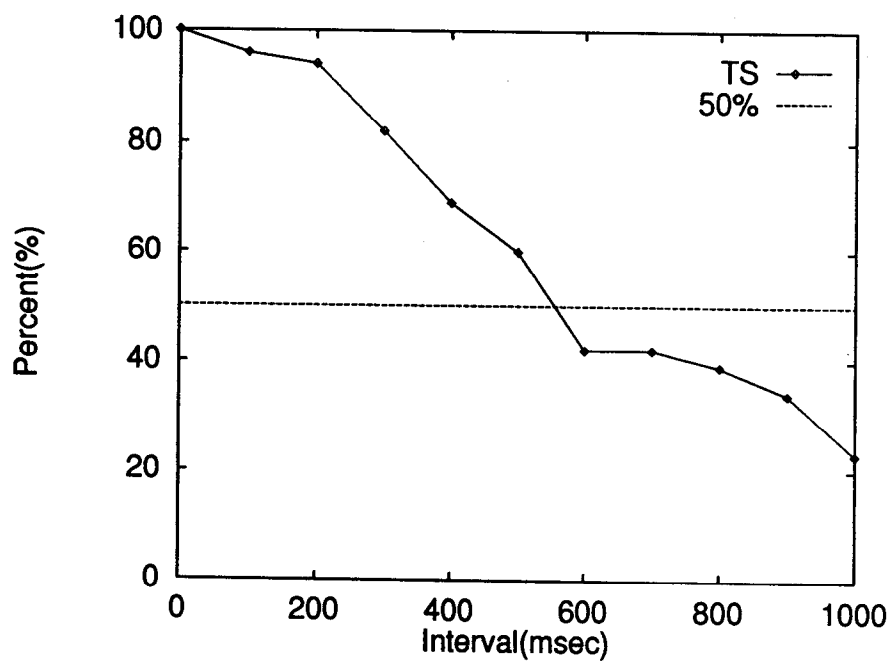


図 3.6: 注意点と 3 次元多義図形の構造知覚 1

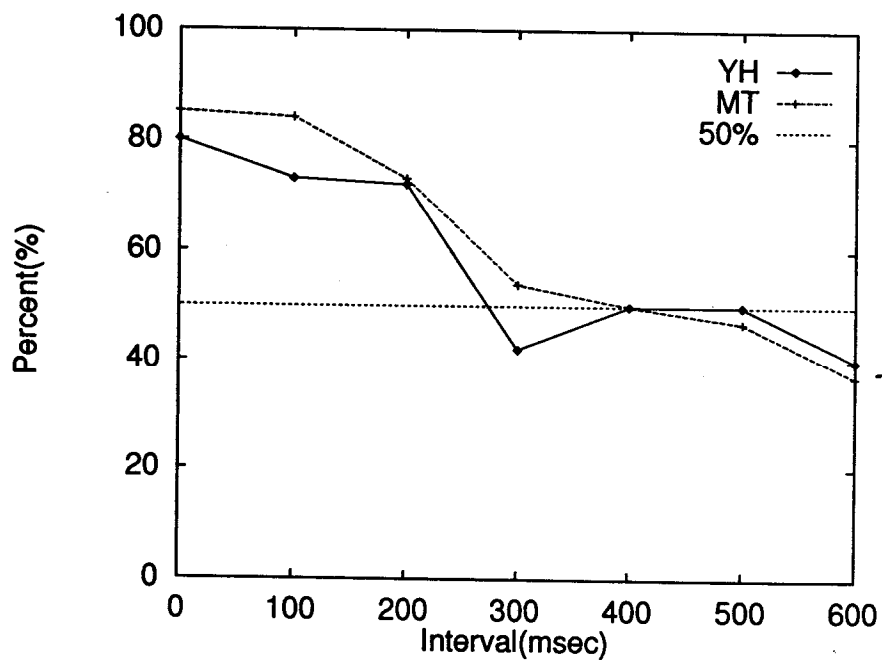


図 3.7: 注意点と 3 次元多義図形の構造知覚 2

3.4 注意点の位置の変化による構造知覚の影響

3.3節では注意点が、ひき続いて提示される3次元多義図形の面形成に影響を与え、その構造知覚を安定化させることを示した。仮にこれが先行する光点の周辺から情報処理が促進されたために生じた現象であるならば、注意点を引き離せば、現象に変化が生じるはずである。そのため、注意点の位置を変えて実験を行った。

はし能かぬため

3.4.1 視覚刺激と提示方法

注意点を提示する位置を、3次元多義図形の頂点から画面の中央を中心に外側へ2cm離れた位置に設定した。奥行きは3次元多義図形の頂点と同じである。提示は、画面中央を中心に点対称の位置にある2点を同時に提示する。

刺激の提示方法は図3.5と同様である。

3.4.2 実験結果

実験結果を図3.8に示す。Aは3.3節の設定の下で得られた結果であり、Bは位置を変化させた時に得られた結果である。これらを比較すると、Bはグラフの傾きが横軸上で少し左にずれていることがわかる。この結果は、注意点は3次元多義図形と同じ位置に存在しなくても構造知覚に作用するが、距離が遠くなるとその影響は、小さくなることを示している。注意はその中心からの距離が近いほど、情報処理の促進が強いことが知られている。このことから、このグラフからわかる時間的な遅れは、注意点が遠くなったことにより、面の伝播をひきおこすプロセスが弱くなったために生じたものであると考えられる。

3.5 注意点の奥行きの変化による構造知覚の影響

ここまでで、注意点がひき続いて提示される3次元多義図形の面形成に影響を与えること、その効果は点の位置を動かすことにより弱まることを示した。次に、これまでの実験では、注意点が3次元多義図形の頂点と同じ奥行きに提示してあるため、その注意点の奥行き情報が多義図形の知覚に与える影響を調べるため、注意点の提示される奥行きを変化させて、実験を行った。

3.5.1 視覚刺激と提示方法

注意点の提示するXY座標は、3次元多義図形の頂点と同じである。しかし、奥行きは前後を変えてある。つまり、XY座標上で3次元多義図形の頂点で手前にあるものと同じ位置にある注意点はZ座標を奥に、XY座標上で3次元多義図形の頂点で奥にあるものと同じ位置にある注意点はZ座標を手前に変えてある。これもまた、画面中央を中心に点对称の位置にある2点を同時に提示する。

刺激の提示方法は、図3.5と同様である。

3.5.2 面伝播に対する注意点の奥行きの影響

実験の結果を図3.9に示す。Aは3.3節で得られた結果、Bは奥行きを変化させた時に得られた結果である。これらを比較すると、奥行きを変えることにより、注意点近傍からの面伝播による構造知覚への影響は弱まっていることがわかる。注意点の提示時間は100ミリ秒と短いため、その提示時間内では、注意点の奥行きを知覚することは困難である。しかし、その後ひき続いて提示された3次元多義図形の構造知覚に影響を与えることから、注意の向けられる奥行き情報は3次元多義図形の構造知覚に影響を与えているといえる。ただし、無意識のうちにその奥行き情

報が計算されているか、時間的に遅れて提示される視覚刺激の奥行き情報との相対的な奥行き情報を計算しているかは、わからない。

3.6 3次元多義図形の形状を変化させた場合

3.3で示した条件で、3次元多義図形の形状を横方向に広げて、実験を行った。その結果、3.3節と同様に刺激先行時間が短い場合には、注意点の提示されていない頂点を結ぶような折れ曲がりを知覚された。もし、注意点による影響で面が伝播し、衝突したところで稜線が形成されたとするならば、注意点が提示された頂点から隣にある2つの頂点までの距離が異なるため、そのような、知覚にはならない。よって、これは、注意点による影響は両眼視差によって決定された境界部分まで影響を及ぼすことはできないことを示すものであるといえる。

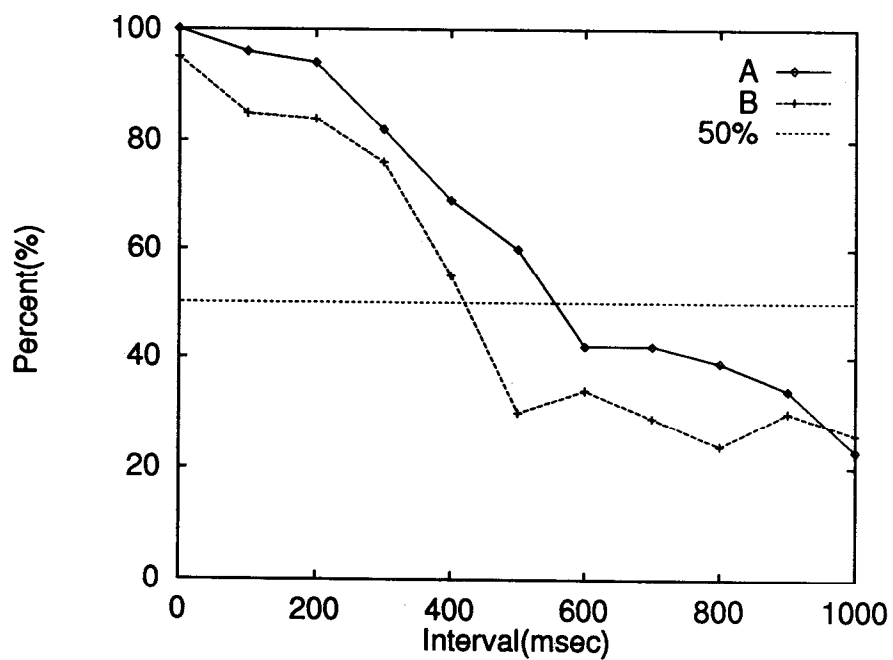


図 3.8: 注意点の位置と 3次元構造の構造知覚

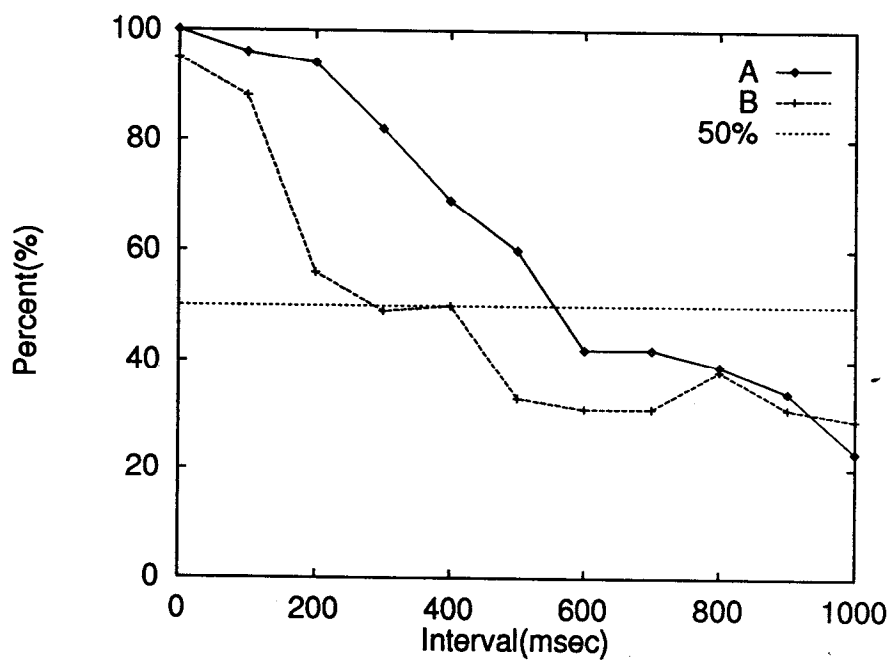


図 3.9: 注意点の奥行きと 3次元構造の構造知覚

3.7 3次元多義図形の構造知覚に対する注意の影響

3次元多義図形の構造を知覚する場合には、対象物の構造を知覚するのに十分な視覚刺激が得られないため、少ない視覚刺激の中からその構造を視覚システムの中で推測して決定することとなる。その際には、注意によって情報の優先順位が決まるため、注意の向けられている位置が重要な要素となる。今回の実験により、3次元多義図形の知覚においては、頂点付近に注意を向けることによって、その付近から面が形成され、その条件から知覚され得る構造が優位に知覚されることがわかった。その際、注意点を提示した場合には、その影響が約200ミリ秒であり、その奥行き、距離ともに頂点により近い方が、その影響が強いようである。

第 4 章

事前知覚による 3 次元多義図形の構造

知覚の安定化

4.1 事前知覚による構造知覚の影響

ある対象物を提示しておき、その後、ひき続いて3次元多義図形を提示した場合、その構造は先行刺激に近い構造に知覚される傾向がみられた。そこで、ここでは、事前知覚の3次元多義図形知覚への影響について検討する。

4.1.1 事前提示面

先行刺激として提示する面を図4.1に示す。この面は、3次元多義図形の知覚されうる構造の1つに近い構造をもつ。そこで、3次元多義図形が右上から左下に手前に折れ曲がっている構造と左上から右下に奥に折れ曲がっている構造をもつ場合には、それに近い構造を持つ面を先行刺激として提示する。先行刺激は、3次元多義図形のもつ2つの傾きを2つの面で表している。各面は4点を結ぶ四角形であり、両眼視差によってその境界部の奥行きを知覚できる。境界の内部は塗りつぶしてあるだけではあるが、それが、一意に1つの面としての構造を知覚でき、多義的になることはない。

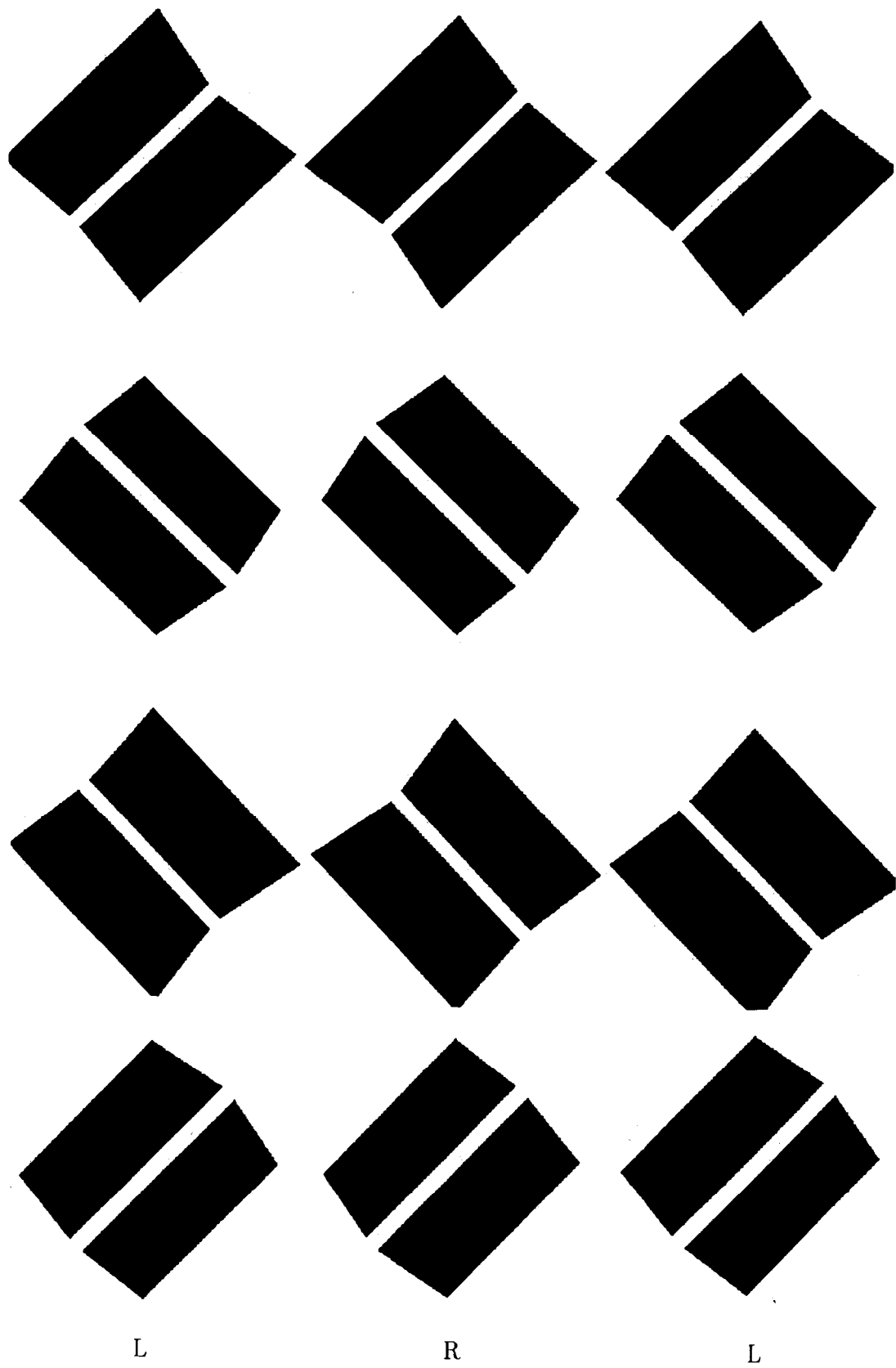


図 4.1: 事前提示面のステレオグラム (L は左目画像, R は右目画像)

4.1.2 提示方法

視覚刺激の提示方法を図 4.2に示す。まず、事前提示面を 1000 ミリ秒提示する。これは事前提示面の構造を被験者が十分に知覚できるように決めたものである。その後、乱数によって定めた 0~1000 ミリ秒の空白を置いて、最後に 3次元多義図形を 300 ミリ秒提示する。被験者は 3次元多義図形の構造をどのように知覚したかを対応するマウスのボタンをクリックすることにより答える。

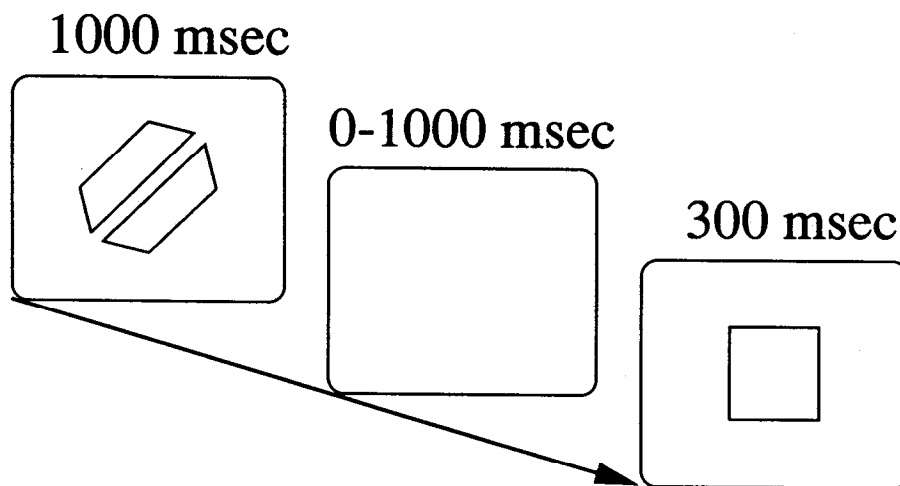


図 4.2: 視覚刺激の提示方法

4.1.3 実験結果

実験の結果を図 4.3, 図 4.4 (試行回数 200 回) に示す。グラフの縦軸は事前知覚に近い構造に知覚された割合である。つまり、グラフが 50 %ラインより上に偏っていれば、3次元多義図形が事前知覚構造に近い構造として知覚されたということである。図 4.3からわかるように、グラフの数値は上方に偏っており、このことは、事前知覚構造に近い構造が知覚されることを示している。

このことから、事前に提示した視覚刺激が引き続いて提示される 3次元多義図形

の構造知覚に影響を与えることがわかる。効果は次第に減衰していくものではなく、長時間維持されるようである。

以上の現象は、3次元多義図形を完全な構造として知覚する上で、視覚システムがその寸前にあった対象物の奥行き等の情報を含めて構造を知覚しようとする結果生じたものと解釈できる。

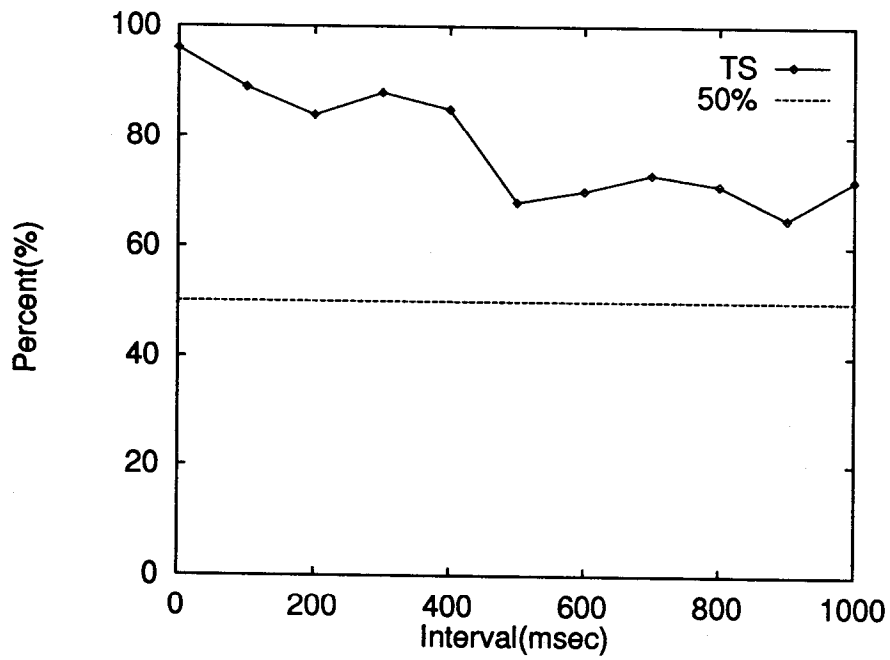


図 4.3: 事前提示面と3次元多義図形の構造知覚1

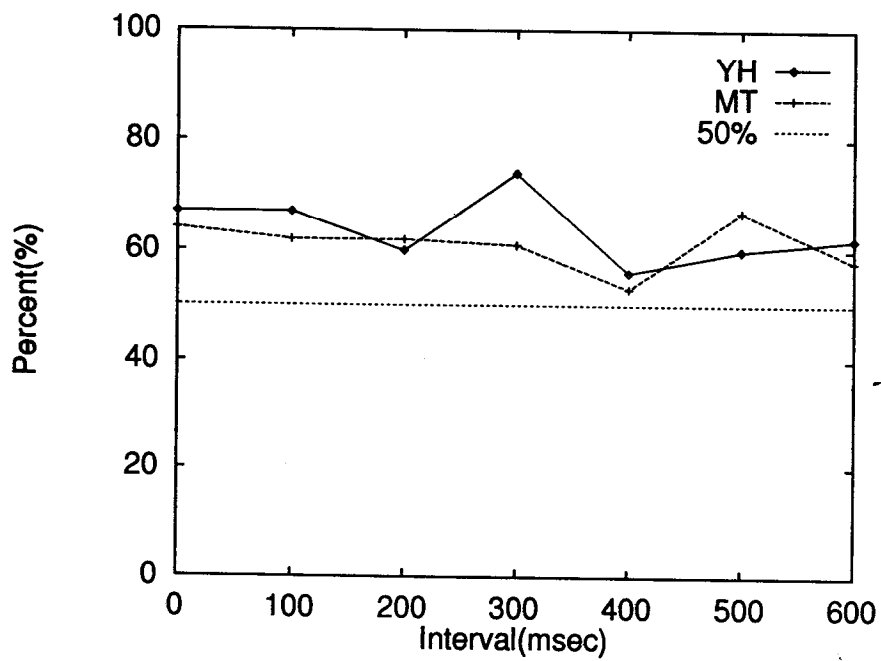


図 4.4: 事前提示面と3次元多義図形の構造知覚2

第 5 章

注意と事前知覚による 3次元多義図形 の構造知覚の安定化

5.1 3次元錯視面

3次元錯視面という錯視現象の例を図5.1に示す。これは、境界に沿って部分的に与えられた視覚刺激によって、何も存在しない領域に面全体が知覚されるというものである [13]。図5.1には物理的な視覚刺激

としては、3つの円に切れ込みが入ったものしか存在しない。しかし、これを立体視で観察すると奥に3つの円が存在し、手前側には3角形の面が存在するように知覚される。つまり、物理的的刺激を持たない構造の存在が知覚されるのである。

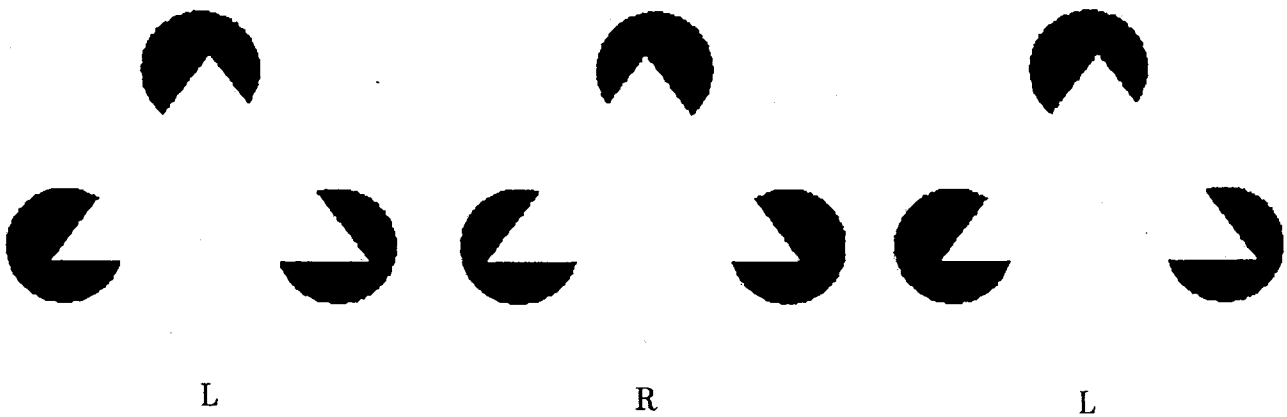


図5.1: 3次元錯視面のステレオグラム (Lは左目画像, Rは右目画像)

5.2 3次元錯視面による構造知覚の影響

3次元錯視面を先行刺激として提示した場合、その後、引き続いて提示される3次元多義図形の構造知覚がどのようなものであるかを調べるため、実験を行った。

5.2.1 視覚刺激と提示方法

先行刺激として提示した3次元錯視面を図 5.2に示す。これは、前章で用いた図 4.1を3次元錯視面として表したものである。よって、知覚される構造は3次元多義図形の知覚される構造に近いものである。なお、3次元錯視面の誘導刺激は3次元多義図形の後ろに全て同じ奥行きに設定してある。

視覚刺激の提示方法を図 5.3に示す。まず、先行刺激として3次元錯視面を1000ミリ秒間提示する。これもまた、3次元錯視面の構造知覚を確率するための時間である。その後、ランダムに0~1000ミリ秒間の空白を置いて、3次元多義図形を提示する。被験者は、その知覚された構造をマウスのボタンをクリックすることにより答える。

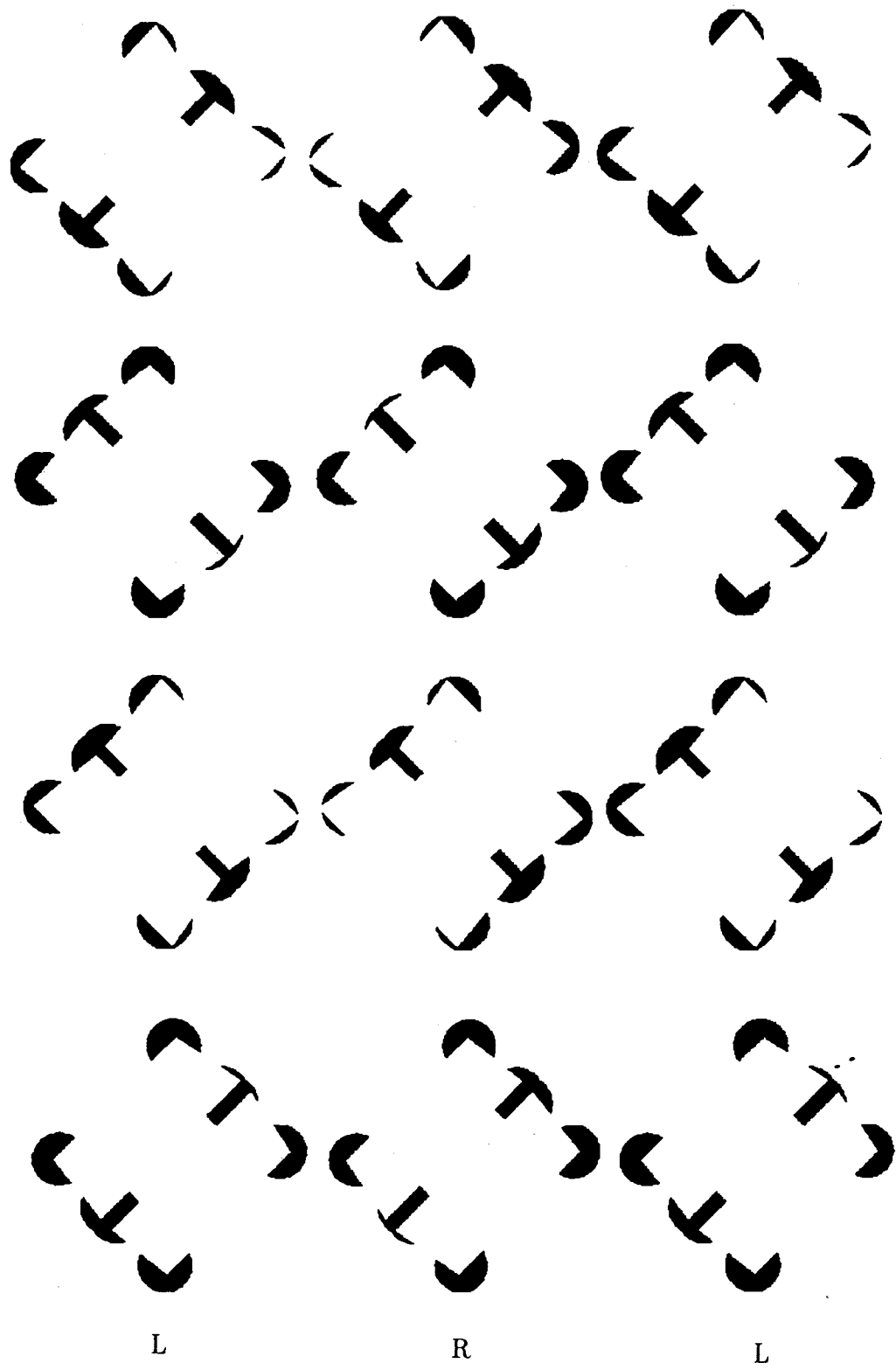


図 5.2: 事前提示 3次元錯視面のステレオグラム (Lは左目画像, Rは右目画像)

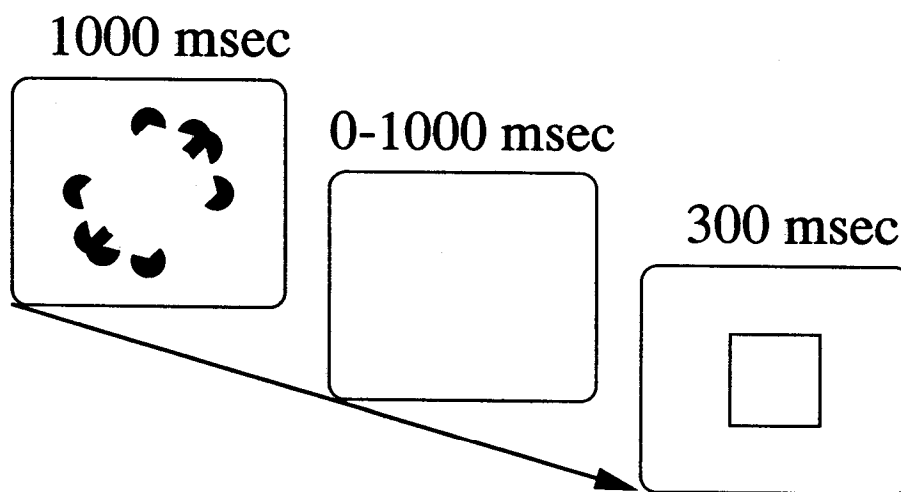


図 5.3: 刺激の提示方法

5.2.2 実験結果

実験の結果を図 5.4, 図 5.5 (試行回数 200 回) に示す。グラフの縦軸は、3次元錯視面の知覚され得る構造と同じ面の傾きを持つ構造に知覚された割合である。A は前節で用いた事前提示面をそのまま 3次元錯視面にしたものであり、B は面の長さを 20mm 伸ばしたものである。その結果、0~100 ミリ秒の間は事前提示された構造とは明らかに異なる構造に知覚される傾向が得られた。200 ミリ秒後は事前知覚に類似した構造に知覚されることがわかった。刺激先行時間が短い場合には、3次元錯視面の物理刺激である円の存在する方の頂点から、面が形成されたような知覚がされているようである。このことから、3次元錯視面を先行刺激として提示した場合には、先行刺激がもたらす構造知覚の影響だけではなく、注意の影響も受けられていると考えられる。ただし、A と B の差を見てもわかるとおり、3次元錯視面の誘導刺激を 3次元多義図形から離してもグラフの数値にそれほど変化がない。これは、注意を向ける領域が点の場合よりも大きいため、距離の影響が少なかったか

らではないかと考えられる。

以上の現象は、次のように解釈することができる。3次元錯視面を先行刺激として提示した場合には、構造として面の存在を知覚しているとともに、物理的刺激である円が注意を引きつけるとも考えられる。このことにより、先行刺激が消えてから一定の時間は、その存在していた位置に、無意識のうちに注意が引きつけられることとなり、その結果、注意点と同様の影響が生じたと考えられる。しかし、注意のプロセスが消えると、先行刺激の構造の影響が現れ、事前知覚構造に近い構造が優位になると考えられる。

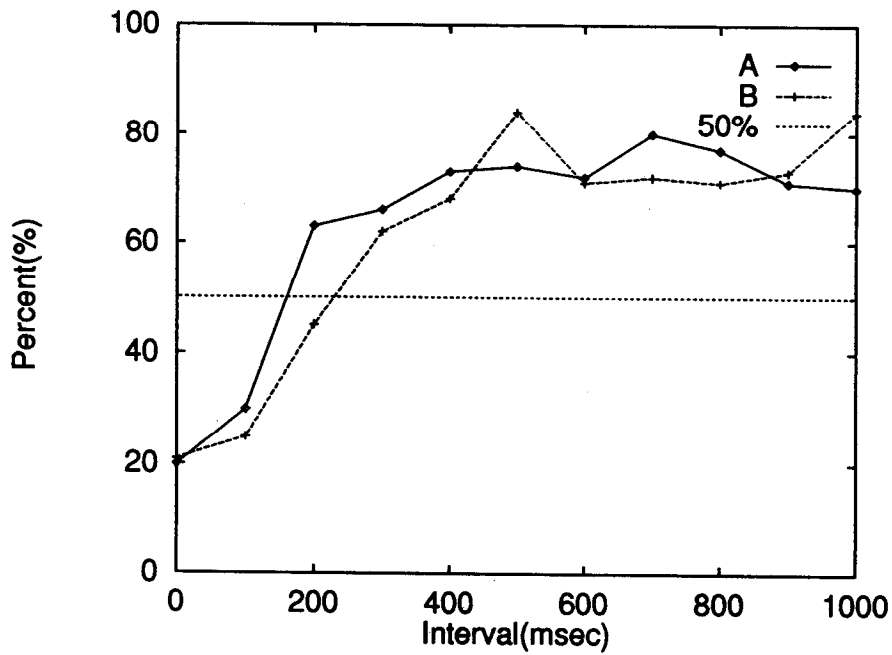


図 5.4: 事前提示 3次元錯視面と 3次元多義図形の構造知覚 1

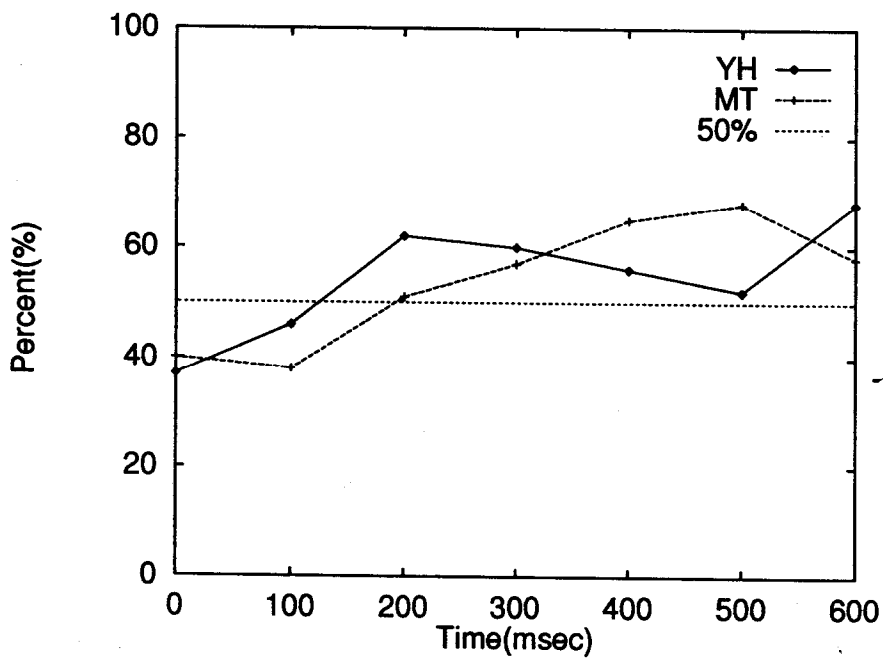


図 5.5: 事前提示 3次元錯視面と 3次元多義図形の構造知覚 2

5.3 3次元錯視面の形状と3次元多義図形の構造知覚

3次元多義図形を提示した場合には、単に物理刺激を出した場合とは異なった知覚になることは確認されたが、誘導刺激が一行に並んでいるため、それらの配置が影響を与えている可能性が考えられる。そこで、3次元多義図形の配置を変えて実験を行った。

5.3.1 視覚刺激と提示方法

先行刺激として提示した3次元錯視面を図5.6に示す。面形状を変化させ、誘導刺激の配置を一直線上に置くことを避けたものである。他の条件は先の実験と同じである。

5.3.2 実験結果

結果を図5.7に示す。この結果をみると0~200ミリ秒の間では、グラフの値が低くなっている。これは誘導刺激である円によって注意点と同様の影響が生じた結果であると考えられる。また、それ以降では錯視面の傾きに近い構造を持った面が知覚される割合が高い。この結果は、前節と同様の結果であり、誘導刺激の配置ではなく、錯視面として知覚された構造が影響していることを示している。

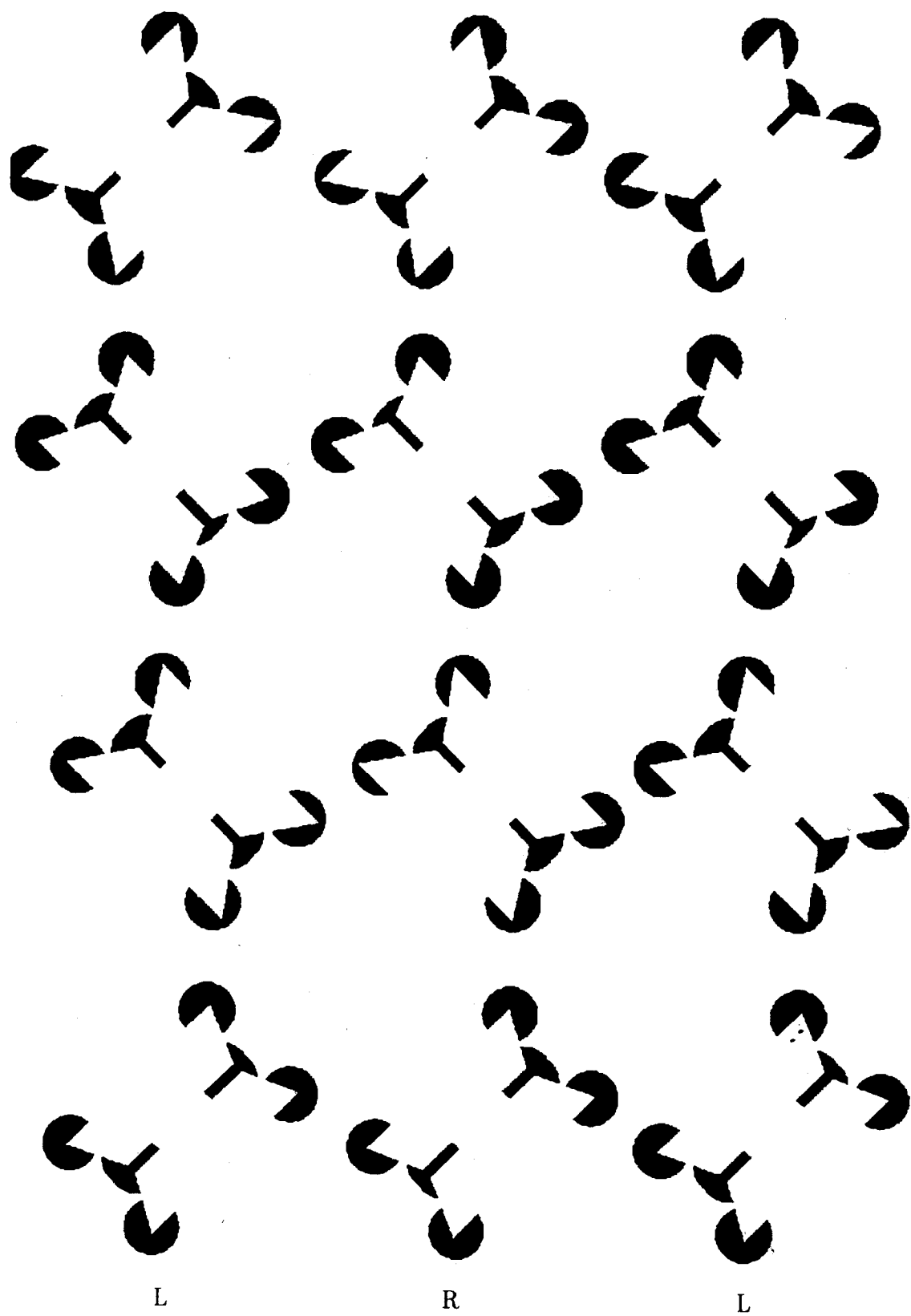


図 5.6: 事前提示 3 次元錯視面のステレオグラム (L は左目画像, R は右目画像)

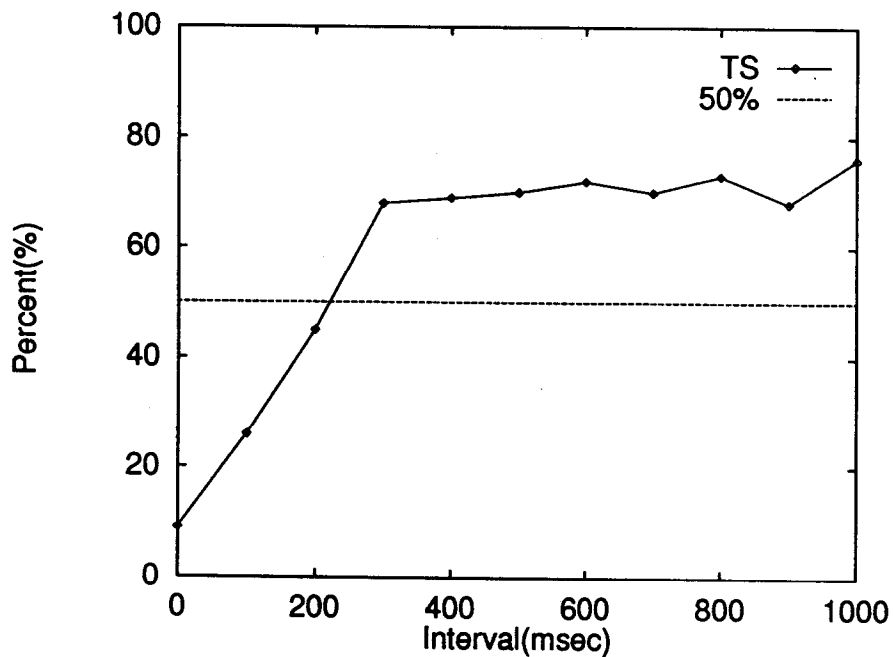


図 5.7: 事前提示 3次元錯視面と 3次元多義図形の構造知覚

5.4 3次元多義図形の構造知覚に対する 3次元錯視面の影響

3次元錯視面は物理刺激とは異なった構造が知覚されるという特徴を持つ。つまり、先行刺激として注意点を用いた場合と、事前提示構造として物理的な面を提示した場合の2つの状態を同時に表現することが出来る。そのため、その後、引き続いて提示される3次元多義図形の構造知覚にも、それぞれの影響が反映された結果となったといえる。刺激先行時間が短い時には物理刺激の影響を強く受け、円近傍からの面が形成された様な知覚が得られ、また、刺激先行時間が長い場合には、事前に提示された錯視面から知覚された構造が影響を与え、多義的3次元構造が事前知覚に近い構造が知覚されたようである。

第 6 章

構造知覚メカニズムの考察

6.1 注意と3次元多義図形

第3章では3次元多義図形の提示前に先行刺激として光点を提示することで、注意の注がれる位置を操作し、構造知覚に対する注意の影響を検討した。

観察では、注意が向けられた位置から面の形成がはじまり、その結果、その面が一つの面であると知覚され、その条件に拘束される構造が3次元多義図形の知覚構造であるとされた。

外的な刺激によって注意が喚び起こされ、あるいは向き直されることを受動的注意とよぶ。受動的注意は視野の中に突然刺激が現れてから、数十ミリ秒で働き始め、100～200ミリ秒で最も効果的に情報処理を促進する [12]。実験で用いた光点による面の伝播は、刺激先行時間が0～200ミリ秒で知覚されている。光点が100ミリ秒間提示されてから刺激先行時間を設定してあることを考慮にいと、ほぼ等しい結果となる。

このようなことから、注意によって局所的に視覚情報処理が促進される、という現象が、3次元多義図形の構造知覚にもあてはまるといえる。

光点の位置を変化させた場合の結果を見ると、距離を離すとそれだけ、光点の影響も弱くなることがわかる。注意の強さは外的な刺激が現れる等で向けられている位置が最も強く、そこから離れるにしたがって徐々に弱くなることが知られている [14]。よって、このことは注意の時空間特性によるものであると言える。

光点の奥行きを変化させた場合においても、位置を変化させた場合と同様に、影響が弱くなっていると言える。観察時の知覚からは、光点の奥行きを知覚しているような印象は受けない。しかし、これだけ知覚の差が出るということは、認識はしていないが無意識のうちにその奥行きを知覚しているか、ひき続いて提示される視覚刺激の奥行きとの相対的な奥行きを知覚しているのだと考えられる。どちらにし

ろ、光点の奥行きが知覚に影響を与えるということは、3次元空間上では、注意の奥行きも注意の強さを決める要素となることを示すものであるといえる。

以上の結果から、3次元多義図形の構造知覚においては、注意の位置が重要な要素となることがわかる。また、その影響は刺激先行時間が200ミリ秒程度と短いものではあるが、強い影響力があるようである。

6.2 事前知覚と3次元多義図形

第4章では3次元多義図形の提示前に、先行刺激として3次元多義図形の知覚される構造と類似した刺激を提示して、構造知覚に対する事前知覚の影響を検討した。

観察では、事前提示面の構造を知覚することで、引き続いて提示される3次元多義図形が、事前に存在していた面に類似した構造を持つように知覚された。その影響は注意による影響よりも弱い、長く続くものである。

この現象においては、注意が影響を与えていたとしても、その効果は弱いと考えられる。それは、物理刺激が3次元多義図形の面の中程にあるため、構造の特徴をあらわす情報が少ない部分に提示されているからである。また、物理刺激の大きさが大きいため、注意として作用したとしても、散漫になってしまい全体として弱くなってしまふからと解釈できる。

6.3 3次元錯視面と3次元多義図形

第5章では先行刺激として3次元錯視面を用いて実験を行った。観察では、刺激先行時間が短い場合には錯視面の誘導刺激による影響を受け、その近傍からの面の形成が知覚され、刺激先行刺激が長い場合には、錯視面の構造により近い構造が優

位に知覚された。

結果では、0~100 ミリ秒の間は注意が引き寄せられることによる面の伝播が知覚され、その影響によると思われる構造の知覚が得られた。また、それ以降では、事前知覚に近い構造として知覚されることが多かった。

これは、次のように解釈できる。先行刺激が提示され、その構造を知覚することにより、脳内に知覚構造が形成される。その後、先行刺激が消えたときに、物理刺激が消えるという視覚刺激の変化が起こるため、誘導刺激のあった位置に注意が向けられる。これは、先に述べた光点と同じ作用をする物と考えられる。このときに、3次元多義図形が提示されると、注意が面の頂点近傍に向けられているため、面の形成が知覚される。また、刺激先行時間が長いと、注意が消失し、3次元多義図形は事前知覚の影響を受ける。

このことは、注意による影響と、事前知覚の影響が別の場所で働いていることを示唆する。一般に受動的注意は、脳の視覚情報処理プロセスの中でも比較的初期の段階、すなわち膝上体系のV1,V2,V3および非膝上体系の上丘、視床枕の領域のどれか、あるいは複数の領域で活動していると考えられている[14]。しかし、事前知覚が影響を及ぼすには、提示された刺激の構造を知覚し、それを記憶しておくという高度な処理がなされていなければならない。これらのことから、それぞれの処理は、異なった部分で独立して働いていると考えられる。

第 7 章

おわりに

本研究では、3次元構造知覚のメカニズムの解明を大きな目標とした。そして、3次元多義図形という3次元空間上の特殊な図形を用いて、その構造知覚の手がかりであると考えられる注意と事前知覚の構造知覚における影響を実験し、検討した。

その結果、3次元多義図形の構造は、先行刺激により安定に知覚されることがわかり、また、それぞれの影響が互いに反する刺激を先行刺激とした場合には、両者の影響の強さが刺激先行時間によって変化することがわかった。これらは、両者が異なった時間的特性を持ちながら、視覚システムにおける奥行き知覚の要素となることを示唆するものである。

今後は、人間の局所的な情報処理促進としての注意のプロセス、先行刺激の構造知覚のプロセス、それぞれの時空間特性を更に詳しく研究することによって、3次元構造知覚メカニズムの要因、また、その競合過程がわかり、さらに、人間の視覚システムの解明により近づけるものとする。

謝辞

本研究を行う上で大変熱心に御指導下さった。阪口豊助教授、そして数々の助言をして頂いた出澤正徳教授に深く感謝致します。また、コンピュータプログラミングについて、御教示頂いた施衛富助手に厚く御礼申し上げます。

また、激励して下さった研究室の諸氏にも御礼を言いたい。

皆様に心から感謝致します。

参考文献

参考文献

- [1] D. Marr: "Vision", W.H.Freeman and Company, New York, 1982.
- [2] 川人, 乾,: "視覚大脳皮質の計算理論", 信学論, D-II, vol. J73-D-II, no. 8, pp.1111-1121, 1990.
- [3] M.Idesawa,W.Shi:"Fuzziness in 3-D surface Depth Perception from Its Boundary With Binocular Viewing",International Joint Conference on Neural Networks,Vol.1,pp.442-447,1991.
- [4] 中嶋, 出澤:"両眼立体視における注意点と3次元表面の知覚", 日本神経回路学会第5回講演論文集,pp.163-164,1994.
- [5] 岩瀬, 出澤, 阪口:"注意点, 注意線, 注意面と表面形状の知覚", 日本神経学会第6回全国大会講演論文集,pp295-296,1995.
- [6] J.Y.Yellott.Jr:"両眼視における奥行き逆転", 別冊サイエンス'56,pp.84-99,1982.
- [7] J.P. フリスビー 著, 村山 訳:"シーイング", 誠心書房,1982.
- [8] 池内:"単眼視による2次元画像からの3次元画像の再構成", 情報処理, vol. 24, no. 12, pp.1421-1428, 1983.
- [9] 大山, 今井, 和気 編:"感覚・知覚心理学ハンドブック",1994.

- [10] 出澤: “ 2 眼視による立体表示技術 ”, 精密工学会誌, 54, 351, 1988.
- [11] 下條, 彦坂: “ 注意の心理学 ”, 生体の科学, 43(1), pp.30-36, 1992.
- [12] 宮内: “ 注意を見る ”, 科学, Vol64, No.3, pp.216-226, 1994.
- [13] M. Idesawa: “ Perception of 3-D Illusory Surface with Binocular Viewing ”, Jpn. Jour. of Appl. Physics, 30-4B, L751-L754, 1991.
- [14] 安西, 苧坂, 前田, 彦坂: “ 注意と意識 ”, 1994.

研究発表

- [1] 住直, 阪口豊, 出澤正徳, “視覚による3次元構造知覚に関する一考察,” 電気通信大学大学院, 第3回ISシンポジウム, “Sensing and Perception,” pp13-16, 1996.
- [2] 住直, 出澤正徳, 阪口豊, “両眼立体視による3次元構造知覚への事前知覚構造の影響,” 日本神経回路学会第7回全国大会講演論文集, P3-16, pp277-278, 1996.
- [3] 住直, 出澤正徳, 阪口豊, “多義的3次元構造知覚への事前知覚構造と注意の影響,” 日本視覚学会 1997年冬期研究会, 14p23, pp47, 1997.
- [4] 住直, 阪口豊, 出澤正徳, “3次元構造知覚における注意と事前知覚の影響,” 電気通信大学大学院, 第4回ISシンポジウム, “Sensing and Perception,” 1997(予定).